

Электронные приборы для физиологических исследований





ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 536

Ю. Н. ВЕРХАЛО

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

(экспонаты радиовыставок)



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1964 ЛЕНИНГРАД

УДК 615.471
В 36

Содержатся основные сведения о сконструированных автором приборах, предназначенных для физиологических и психологических исследований.

Описываемые приборы демонстрировались на всесоюзных и ленинградских радиовыставках, различных медицинских съездах и конференциях.

Брошюра рассчитана на подготовленных радиолюбителей, интересующихся применением электроники в биологии и медицине; на физиологов и педагогов, занимающихся изучением высшей нервной деятельности, физиологии труда и инженерной психологии.

Верхало Юрий Николаевич
Электронные приборы для физиологических исследований.
М.—Л., изд-во „Энергия“ 1964. 40 стр. с илл.
(Массовая радиобиблиотека. Вып. 536).
Темплан 1964 г., № 337.

Редактор *М. И. Клевцов* Техн. редактор *Г. С. Юдаева*

Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 24/III 1964 г Подписано к печати 23/V 1964 г.
Бумага 84×108 1/32 2,05 печ. л. 2,49 уч изд. л.
Т-04369 Цена 10 коп. Тираж 26 000 экз. Заказ 1149

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати
Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие производительных сил на основе передовой науки и техники представляет собой важнейшую задачу развернутого строительства коммунизма.

Замечательные успехи современной техники расширяют возможности производства, изменяя условия и средства труда, повышая его производительность. Создание новых орудий труда приводит к изменению значения и места человека в производственных процессах. Главными функциями человека в производстве становятся программирование, управление и контроль Поэтому важно изучить особенности и возможности человека с точки зрения новых, предъявляемых к нему требований. Возникает ряд специальных вопросов. Например, сколько сигналов может человек воспринять одновременно? Какова предельная скорость его реакций? Насколько быстро и точно он выполняет операции? Ответы на эти вопросы может дать только глубокое изучение психофизиологических процессов, протекающих в организме человека, а также его предельных возможностей.

Изучение многих проблем психологии и физиологии возможно только при помощи соответствующих приборов и устройств.

Однако аппаратура, выпускаемая для этих целей промышленностью, еще не обеспечивает непрерывно возрастающий на нее спрос, а для некоторых методик требует усовершенствований или дополнений.

В настоящей брошюре вниманию читателей предлагается ряд приборов, сконструированных и выполненных автором в научной лаборатории кафедры психологии Государственного дважды орденоносного института физической культуры им. Лесгафта, руководимой профессором А. Ц. Пуни. Описываемые приборы предназначены для исследования времени реакций и координации движений

Небольшой объем брошюры не позволяет автору подробно рассмотреть методики исследований, а лишь ограничиться кратким описанием приборов, выполнение которых возможно в лабораториях и институтах, не имеющих специальной технической базы. Из этих же соображений не дается описание таких приборов, как «интерорефлексометр», «комплект для психологических исследований» и др., хотя они и получили высокую оценку на различных выставках. По тем же соображениям опущено рассмотрение общих вопросов рефлексометрии. Кроме того, этот материал достаточно полно изложен в выпущенной издательством «Энергия» брошюре О. Я. Боксера и М. И. Клевцова «Радиоэлектронная аппаратура для временного анализа рефлексов».

Автор будет благодарен за замечания и пожелания, которые читатели найдут нужным ему сообщить.

Ю. Н. Верхало

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИЙ

Исследователей, занимающихся изучением высшей нервной деятельности человека, чаще всего интересует вопрос, как быстро человек способен усвоить предъявленный ему сигнал, выделить его на фоне других сигналов, принять правильное решение и выполнить ответное действие.

При этом наибольший интерес представляет так называемое время задержки. Оно складывается из скрытого периода реакции, называемого латентным, и времени «моторного» периода реакции. Латентный период — это время, прошедшее от начала появления сигнала до начала ответного действия. «Моторный» период — это время, затраченное человеком на выполнение ответного действия. Время этих компонентов и определяется при помощи приборов, называемых рефлексометрами.

Рефлексометр обычно состоит из четырех основных элементов.

1. Источника раздражения, воздействующего на органы чувств человека. В качестве раздражителей могут быть использованы свет, звук, прикосновение (тактильный), тепло, холод (температурный), боль, вращение (вестибулярный) и многие другие. Часто на человека воздействует одновременно несколько раздражителей, образующих сложный сигнал-команду, обусловливающий то или иное, но строго определенное ответное действие.

2. Схемы пуска рефлексометра, предназначенной для одновременного включения (выключения) раздражителя (группы раздражителей) и прибора, измеряющего время реакции. Работа измерителя времени и раздражителя синхронизируется при помощи электрических ключей или схем, собранных на электромагнитных или электронных реле.

3. Хронометрической части, предназначенной для регистрации времени компонентов реакции. В рефлексометрах применяются хронометры, имеющие электрические элементы пуска и остановки. В настоящее время используются электрические и электронные хронометры. Наиболее удобны электронные миллисекундомеры с кварцевыми генераторами (в качестве индикаторов в них применены электронные цифровые лампы непосредственного отсчета), а также электроцифровые печатающие хронографы. Однако вследствие большой стоимости электронных приборов в отдельных случаях

можно применять электросекундомеры, собираемые на электрических двигателях СД-60 *.

4. Органов управления, воспринимающих ответные действия человека, получившего сигнал-команду в виде раздражителя. При исследовании латентного периода реакции применяются контакты, размыкающиеся при начале ответного действия человека. Они могут быть смонтированы в ключах, кнопках, рычагах, педалях, штурвалах, рукоятках и т. п. В случае необходимости определения времени всего ответного действия (моторного компонента реакции) и отдельных элементов ответного действия используются несколько пар замыкающих или размыкающих контактных пружин или других органов управления.

Хроноэлектропериметр

В настоящее время существует ряд приборов для исследования времени зрительно-двигательных реакций, но, как правило, они предусматривают предъявление раздражителей на небольших экранах, ограничивающих поле зрения испытуемого. Эти приборы не позволяют изучать особенности реакций, связанных с включением периферических участков зрения.

Промышленностью выпускается электропроекционный периметр ПРП, позволяющий определять границы поля зрения перемещением светового пятна (луча) по экрану, выполненному в виде полуобруча, в пределах от 0 до 200°. Исследование границ поля зрения производится на появление раздражителя (светового пятна) только по словесному ответу испытуемого «вижу», «не вижу» без выключения луча испытуемым, что делает прибор непригодным для определения скрытого периода и скорости реакции. В свою очередь существующие рефлексометры позволяют измерить скрытый период реакции испытуемого на сигнал-раздражитель без учета градуировки сигнала по силе, по расстоянию до источника раздражения, по локализации на сетчатке глаза.

Совмещение возможностей рефлексометра и периметра позволяет выполнять следующие задачи:

а) исследование зрительно-двигательных реакций на световые раздражения любой точки сетчатки глаза испытуемого при точной топографии этих точек, точном учете интенсивности светового раздражителя и возможности сочетания его с другими раздражителями (звуковым, тактильным, электрическим);

б) получение временных характеристик реакций (быстрыми движениями рук или ног на различные по локализации и силе световые, звуковые и электрические раздражения, подаваемые в различной последовательности);

в) определение границ поля зрения.

Предложенный автором в содружестве с профессором А. Б. Гандельсманом прибор, конструктивно выполненный в двух вариантах (хроноэлектропериметр и сферорефлексометр), позволяет проводить исследования в объеме перечисленных требований.

---

* Электросекундомеры собираются по схемам, предложенным С. И. Горшковым и К. Н. Куликовым (авторские свидетельства № 133 169 и 140 154).

Хроноэлектропериметр представляет собой комбинированную установку, в которой сочетаются свойства электропроекционного периметра ПРП с рефлексометром, позволяющим измерять время скрытого периода реакции на световой объект-раздражитель, проецируемый на экран в сочетании со звуковыми раздражителями (рис. 1).

Этот прибор неполностью отвечает запросам исследователей, так как при измерениях приходится на виду у испытуемого перемещать обруч экрана на требуемый угол. Таким образом, испытуемый может заранее определить место на экране, на которое будет проецироваться световое пятно, благодаря чему возникает предварительная ориентировочная реакция, мешающая проведению исследования.

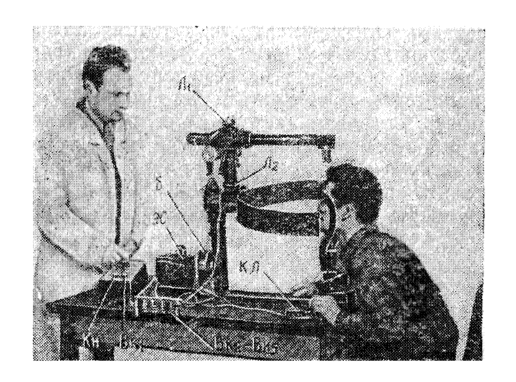


Рис. 1. Внешний вид хроноэлектропериметра.

Однако такая установка проста по устройству и может представлять интерес для многих лабораторий, не располагающих достаточной технической базой. Поэтому на рис. 2 приведена схема

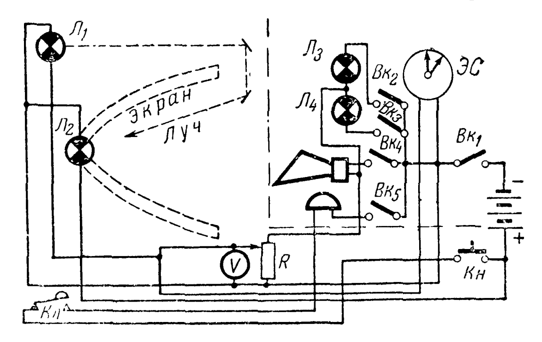


Рис. 2. Принципиальная схема хроноэлектропериметра.

упрощенного батарейного переносного варианта хроноэлектропериметра с использованием стойки от электропериметра ПРП и хронометра с электрическим пуском.

Для изготовления прибора по этой схеме в стойке электропериметра необходимо сделать только одно изменение — установку в вертикальной трубе дополнительной лампы $Л_2$ освещения фиксационного объекта. Дополнительные раздражители (на схеме отделены штриховой линией) могут быть выбраны и подключены произвольно.

Работа с установкой предельно проста. Испытуемый садится перед прибором (как при обычных исследованиях границ поля зрения) и нажимает на ключ *Кл*. Экспериментатор включает выключателем $Вк_1$ лампу фиксационного объекта $Л_2$, затем устанавливает на барабане *Б* электропроекционного периметра нужный угол и нажимает кнопку *Кн*. Одновременно включаются лампа $Л_1$ (основной световой раздражитель) и электрохронометр (электросекундомер *ЭС*). Испытуемый реагирует на появление светового раздражителя отпусканием ключа, в результате чего лампа $Л_1$ выключается и электрохронометр останавливается. Если испытуемый не видит светового пятна и не реагирует на раздражитель, то экспериментатор отпускает кнопку *Кн* и устанавливает на барабане другой угол.

Если изготовить полусферу, то хроноэлектропериметр можно легко переоборудовать по этой же схеме в батарейный сферорефлексометр.

Сферорефлексометр

Внешний вид сферорефлексометра приведен на рис. 3.

Сферорефлексометр обеспечивает: точный учет времени действия светового раздражителя; возможность направления раздражителя в различные точки сетчатки; четкость световой окраски раздражителя и возможность регулирования его интенсивности в широких пределах; стандартность расстояния от источника раздражения до раздражаемого рецептора; возможность вариаций и учета двигательных ответов на раздражения, а также учет скры-

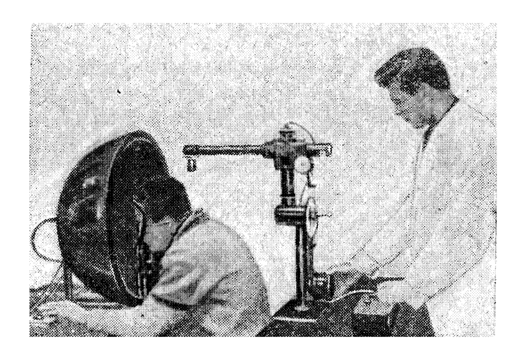


Рис. 3. Внешний вид сферорефлексометра.

того периода реакции с возможностью оценки всех необходимых характеристик времени действия раздражителя и двигательного ответа.

В сферорефлексометре применен экран в виде полусферы, благодаря которому испытуемый не может заранее предугадать направления проекции, так как световой объект, проецируемый при помощи проекционной стойки, можно направлять в любую точку полусферы под любым горизонтальным, вертикальным или промежуточным углом неожиданно для испытуемого. Основную часть установки составляет комплекс приборов управления и регистрации. Эти приборы, расположенные в пультах экспериментатора и лаборанта, позволяют включать и выключать основной (проецируемый световой объект) и дополнительные раздражители. Все действия экспериментатора и испытуемого при проведении исследований фиксируются во времени при помощи электрохронометра. Показания последнего позволяют судить о латентном периоде реакции и продолжительности ее действия для различных точек сетчатки глаза при посылке основного и дополнительного раздражителей.

В связи с тем, что исследования, как правило, проводятся в затемненной лаборатории, а лаборанту по ходу исследований необходимо вести записи и переключения хронометра, пульт лаборанта можно выносить в соседнее помещение.

Проекционная система прибора позволяет проецировать световые испытательные объекты на полусферический экран и направлять сигналы-раздражители в различные точки сетчатки глаза. При этом обеспечивается четкость световой окраски объекта раздражителя и градуировка яркости раздражителя в широких пределах.

Схематический чертеж проекционной стойки и экрана приведен на рис. 4.

В качестве проекционного устройства применена модернизированная стойка от промышленного электропроекционного периметра ПРП. Она состоит из неподвижной части *1*, укрепленной на металлическом основании *2*. В верхней части детали *1* установлен подшипник *3* с основанием (пяткой) вращающейся проекционной системы. Пружинный фиксатор, смонтированный на подшипнике, позволяет фиксировать систему через каждые 30° при повороте ее в вертикальной плоскости. Положение системы определяется при помощи градусной шкалы *4* на неподвижной части подшипника.

На подвижной части подшипника закреплено основание проекционной системы *5* с корпусом *6*, в котором смонтированы основные элементы для проекции испытательного объекта, перемещения его по экрану и изменения его параметров.

Проекционная лампа $Л_1$ закреплена в фонаре осветителя *7*. Во время проведения исследований на эту лампу для снижения ее инерционности подается напряжение, завышенное на 20—25%. Положение нити лампы (фокусирование) изменяют перемещением фонаря в гильзе. Окончательное положение фонаря в гильзе фиксируют тремя винтами.

Кроме того, в корпусе смонтированы три вращающихся диска *8*, *9*, *10*, предназначенные для изменения параметров испытательного объекта-раздражителя. С одной стороны корпуса *6* укреплена горизонтальная труба *11*, на конце которой находится блок вращающейся проекционной головки *12*. Головка развернута на 90° относительно трубы и жестко соединена с диском *13*.

При помощи гибкого приводного тросика *14*, переброшенного через блок *15* и барабан *16*, диск *13*, а следовательно, и проекционная головка *12* приводятся во вращение. На барабан *16* нанесена шкала *17*, разбитая на 200° (по 100° на каждую сторону от 0°) со штрихами через каждые 2,5°. Одновременно барабан *16*, укрепленный на металлической планке *18*, служит противовесом, уравновешивающим проекционную систему относительно стойки *1*. При поворотах проекционной системы планка и укрепленный на ней барабан поворачиваются на тот же угол.

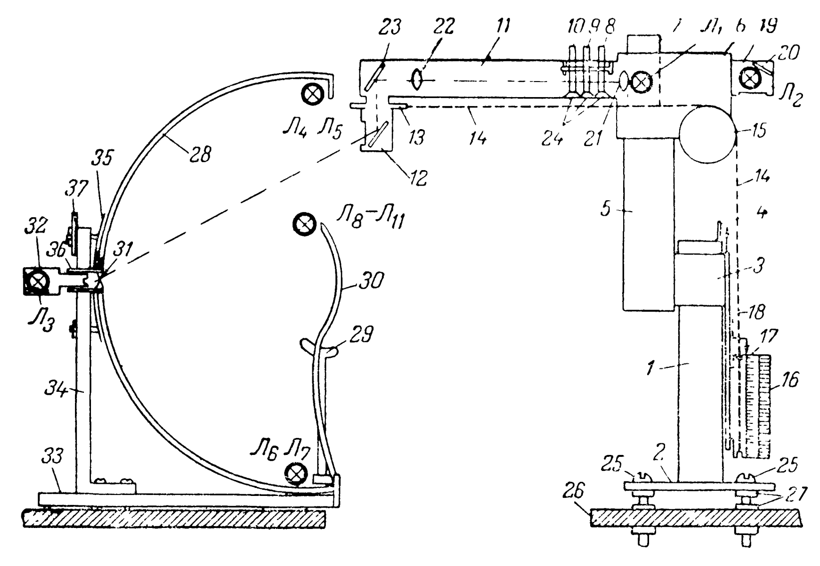


Рис. 4. Устройство проекционной стойки и сферического экрана.

Выше противовеса к корпусу *6* привинчена труба *19* с лампой $Л_2$ и зеркалом *20* для подсветки шкалы барабана.

Оптическая система. Луч света от проекционной лампы $Л_1$, проходя через конденсор *21*, отверстия вращающихся дисков *8*, *9*, *10* и объектив *22*, попадает на систему плоских зеркал *23*, *12* блока проекционной головки. От нижнего зеркала через проекционное окно луч направляется на экран. Так как луч, проецирующий испытательный объект, направлен на экран под углом 30°, то объект имеет слегка эллиптическую форму. Неравенство осей эллипса порядка 15% при практической работе существенного значения не имеет. Точку проекции светового испытательного объекта-раздражителя устанавливают на экране поворотом блока проекционной головки с помощью барабана *16*.

Таким образом, в сферорефлексометре экспериментатор имеет возможность устанавливать на экране место (точку) проекции испытательного объекта и одновременно наблюдать ее.

Как уже отмечалось, между конденсором *21* и объективом *22* установлены три вращающиеся на оси диска. В каждом диске имеются отверстия. В диске *8* смонтированы четыре круглые диафрагмы с диаметрами в 1, 3, 5 и 10 *мм*. Проекции этих диафрагм на экране видны глазом испытуемого под углами 0,2°; 0,5°; 0,9° и 1,7°. В диске *9* имеются одно отверстие без фильтра («белый свет») и четыре отверстия с красным, зеленым, оранжевым (желтым) и синим светофильтрами. В диске *10* имеются пять отверстий для изменения яркости испытательного объекта. С помощью этих трех дисков исследователь может быстро, не отвлекая внимания испытуемого, установить испытательный объект нужного размера, цвета и яркости. Для регулировки яркости от 0 до 100% в цепь лампы $Л_1$ следует включить автотрансформатор (ЛАТР-2) и применить шторный затвор. Для точной установки дисков имеются пружинные фиксаторы *24*.

Крепление проекционной стойки. Стойка *1* прикреплена четырьмя винтами к металлическому основанию *2*. Основание в свою очередь прикреплено к столу тремя винтами *25*, нижняя часть которых пропущена через крышку стола *26* и закреплена снизу гайками. Эти винты также служат для правильной установки стойки на столе по высоте и в горизонтальной плоскости. После проверки правильности установки положение винтов фиксируют контргайками *27*.

Экран. Экран прибора *28* представляет собой полусферу с угловыми размерами 200°, радиусом 333 *мм*. Он сделан из непрозрачного материала (из папье-маше с проволочным каркасом) по изготовленной заранее разрезной гипсовой форме. Внутренняя поверхность полусферы покрыта «сероалюминиевой» краской, создающей хороший фон для проецирования испытательного объекта-раздражителя.

Для правильного положения головы испытуемого в полусфере имеется подбородник *29* с надлобником *30*, регулируемые при грубой установке глаза так же, как и в обычных офтальмологических приборах.

Для точной ориентации (установки) глаза, необходимой для получения точных результатов исследований, кроме центрового фиксационного объекта *31*, в центре экрана имеется световой тубус *32*. Фиксационный объект выполнен в виде светящегося круга с двумя пересекающимися в центре тонкими нитями. Нити фиксационного объекта освещаются при помощи лампы $Л_3$, укрепленной в тубусе *32*. При исследовании центральной скотомы имеется возможность изменять яркость фиксационного объекта (почти до полного гашения лампы). При правильной установке глаза световая точка тубуса должна совмещаться с точкой пересечения нитей фиксационного объекта. Вынув из трубки тубуса *32* лампу $Л_3$, экспериментатор в любой момент (наблюдением через тубус) может контролировать совмещение глаза испытуемого с оптическим центром экрана. К краям полусферы прикреплен бортик, за которым установлены четыре лампочки $Л_4$—$Л_7$, предназначенные для адаптации зрения испытуемого — медленного изменения освещенности (затемнения) экрана. Кроме того, на надлобнике *30* установлены еще четыре лампочки $Л_8$—$Л_{11}$ (красная, зеленая, оранжевая и синяя), предназначенные для подачи предварительных световых сигналов.

Полусфера и механизм подбородника с надлобником укреплены на металлическом Т-образном основании *33*. Для повышения прочности конструкции тыльная сторона полусферы поддерживается металлическим угольником *34*, в отверстиях которого гайками закрепляются четыре винта, припаянные к пластине *35*, вложенной внутрь каркаса полусферы. К этой же пластине припаяна трубка *36*, на одном конце которой укреплены пересекающиеся нити *31*, а на другом — тубус *32*. На двух верхних винтах между гайками закреплена расшивочная плата *37*, к которой с одной стороны подключен соединительный кабель, идущий к пульту экспериментатора, а с другой — провода к лампам, смонтированным на полусфере.

Пульт экспериментатора. В пульте экспериментатора смонтированы реостаты и ключи, предназначенные для управления раздражителями и хронометром (рис. 5).

Внутри пульта смонтирован автотрансформатор $Тр_2$, служащий для питания проекционной лампы $Л_1$ и регулирования ее яркости. Величина подаваемого на лампу напряжения контролируется при помощи вольтметра, отградуированного в световых единицах (люксах).

Подобным же образом, но при помощи потенциометра R_1, можно изменять и яркость центрального фиксационного объекта (светового креста), освещаемого через трубку тубуса лампой $Л_3$. Для первичной установки яркости этой лампы к потенциометру R_1 при помощи переключателя $П_1$ подключается вольтметр *V*. Потенциометр R_2 служит для регулирования яркости ламп $Л_4$—$Л_7$. Оба потенциометра проволочные и подбираются при настройке прибора в зависимости от мощности ламп $Л_3$—$Л_7$.

Ручки потенциометров и переключателя автотрансформатора выведены на лицевую панель пульта. Там же смонтированы и другие элементы управления и сигнализации.

Переключатель $П_4$ имеет три положения, одно из которых нейтральное. В положении *1* подается ток на реле пуска *Р*; в положении *2* оно отключается. В положениях *1* и *2* ключ не фиксируется, а работает как пусковая кнопка.

Кнопки $Кн_2$ — $Кн_5$ служат для включения дополнительных источников световых раздражений $Л_8$—$Л_{11}$. Переключатель $П_2$ (ключ телефонного типа) предназначен для контрольного включения проекционной лампы $Л_1$ (положение *1*) и подачи условного сигнала на пульт лаборанта путем включения лампы $Л_{14}$ (положение *2*).

Лампы $Л_{12}$ и $Л_{15}$ сигнализируют о подаче напряжения на автотрансформатор и о включении лампы $Л_1$. Лампа $Л_{13}$ служит для подачи условного сигнала с пульта лаборанта. Примененные в пульте лампы имеют следующие данные: лампа $Л_1$ — типа СЦ-69 (6 *в*×25 *вт*), лампы $Л_2$—$Л_{11}$ — типа МН-15 (6,3 *в*×0,28 *а*), лампы $Л_{12}$—$Л_{15}$ — типа МН-8.

На боковой панели смонтированы колодки для подключения соединительных кабелей, гнезда $Гн_1$ для громкоговорителя и гнезда $Гн_2$ для контактного устройства *КУ* (предназначенного для учета двигательных ответов).

Пульт лаборанта. Основным пусковым элементом схемы служит реле пуска *Р*. Оно включает электрохронометр и источники раздражения (основной — лампу $Л_1$ и дополнительный — звуковой

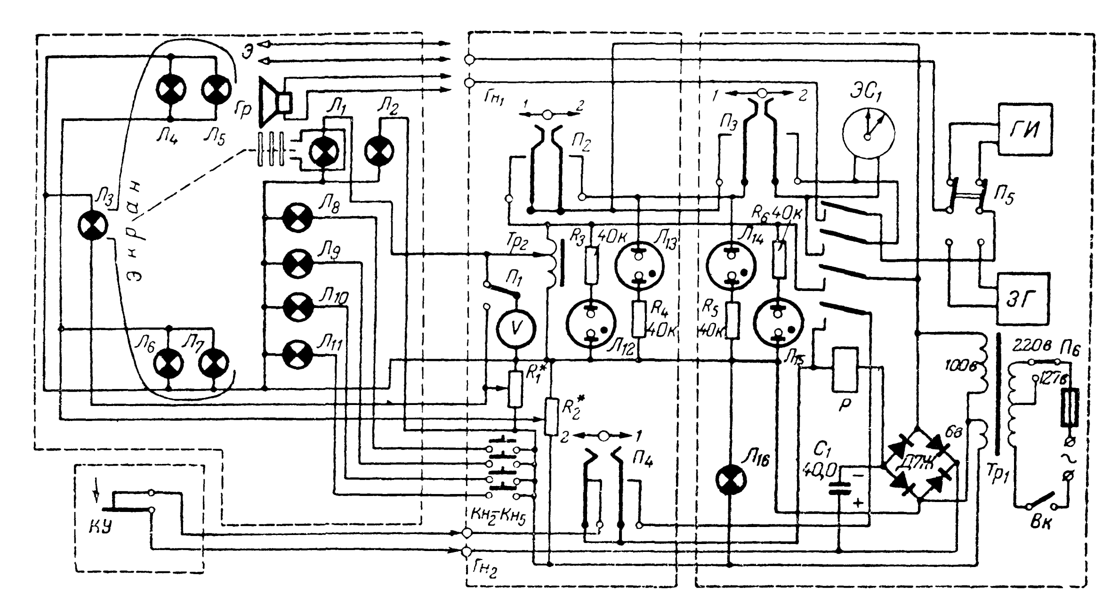


Рис. 5. Принципиальная схема сферорефлексометра.

или электроимпульсный). В данной установке в качестве электрохронометра применен двухстрелочный электросекундомер. В настоящее время он заменен электронным миллисекундомером МС-1. Ключ $П_3$ (телефонного типа) предназначен для контрольного включения электросекундомера $ЭС_1$ и подачи условного сигнала на пульт экспериментатора (включения ламп $Л_{13}$ и $Л_{14}$).

В этом же пульте смонтирован звуковой генератор, собранный на двойном триоде 6Н8С и предназначенный для подачи звуковых раздражений (на схеме показан условно). В качестве источника звуковых раздражений можно использовать и другие звуковые генераторы.

Источником электроимпульсных раздражений служит генератор импульсов *ГИ*. Подключение и переключение источников звукового и электроимпульсного раздражения осуществляется переключателем $П_5$.

Для электропитания установки можно использовать любой трансформатор, рассчитанный на подключение к сети переменного тока напряжением 127 или 220 *в* и получение напряжений, указанных на схеме (рис. 5).

Для соединения пульта лаборанта с пультом экспериментатора, проекционной стойкой и экраном служат соединительные кабели с разъемами, изготовляемыми из октальных цоколей ламп и ламповых панелей. Пульт лаборанта выполнен в виде переносного чемодана с отделением для пульта экспериментатора. Соединительные кабели и провода укладывают на роликах, укрепленных на крышке пульта.

В настоящее время ведется работа по дальнейшему усовершенствованию прибора: предусматривается многопрограммная посылка основного и дополнительных раздражителей различной продолжительности и очередности действия, лентопротяжным устройством и автоматической установкой точки проекции на экране. Предполагается ввести непрерывное фиксирование всех действий экспериментатора и испытуемого на пишущем устройстве, что позволит увеличить емкость установки — число подач раздражителей в тот же интервал времени.

Для исследования реакции на перемещающийся объект предусматривается установка на барабане *16* электромотора для автоматического передвижения головки *12* (рис. 4).

Проекционный рефлексометр

Прибор предназначен для измерения времени реакции у водителей автотранспорта при их профессиональном отборе. До сих пор в основном это время определялось чисто условным числом 0,8 *сек*; при этом совершенно не учитывались индивидуальные физиологические и психологические особенности зрительно-двигательной реакции водителя, хотя хорошо известно, что при удовлетворительной остроте зрения возможны значительные отклонения реакции от условной нормы.

Известны многочисленные случаи приема на транспорт лиц с замедленной реакцией Поэтому вновь возник вопрос о проверке у водителей скорости реакции на зрительные раздражители. Подготовительным этапом этой работы является проведение широкого цикла испытаний и установление ограничивающих норм. Исследо-

вателями была поставлена задача создания простого по конструкции и дешевого в изготовлении рефлексометра, позволяющего измерять время сложной реакции с точностью до 0,1—0,05 *сек*[1]. Портативный рефлексометр, сконструированный для этих целей, получил название «проекционный автотранспортный рефлексометр».

Прибор позволяет исследовать полное время реакции водителя, слагающееся из:

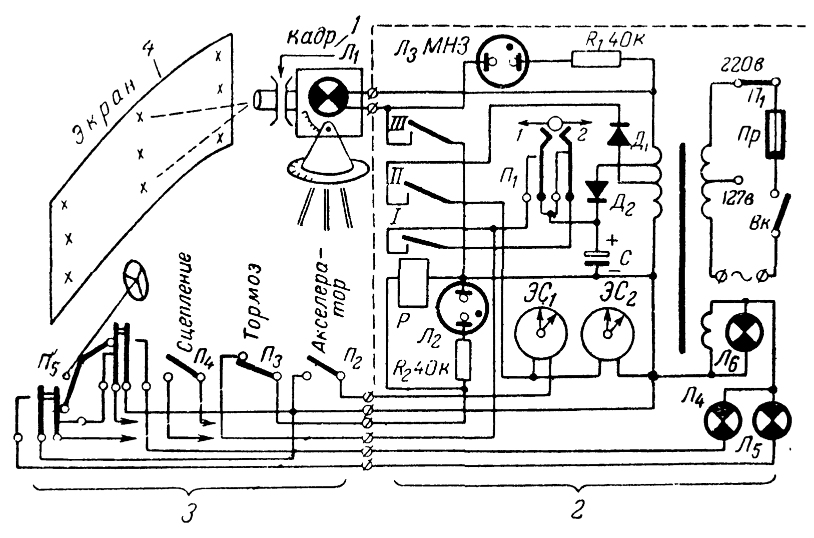


Рис. 6. Принципиальная схема проекционного рефлексометра.

а) времени латентного периода реакции от момента предъявления раздражителя до начала его ответного действия — освобождения педали акселератора («газ») ногой;

б) времени двигательного (моторного) периода реакции — переноса ноги с педали «газ» на педаль тормоза и включение последнего;

в) времени, затраченного водителем на манипуляции с рулевым колесом, т. е. на объезд препятствия.

При этом исследуются и некоторые особенности зрения водителей.

Проекционный рефлексометр состоит из четырех основных частей: пульта управления и регистрации (с электрохронометром, элементами пуска и электропитания) *2*, проекционной головки *1*, экрана *4* и педалей или контактных накладок *3* (рис. 6).

Пульт управления и регистрации[2]. В пульте смонтированы электрохронометры, элементы пусковой схемы и силовая часть.

[1] По заданию Отдела судебной экспертизы Министерства юстиции РСФСР.

[2] Описывается один из конструктивных вариантов пульта.

В качестве электрохронометров применены два электроимпульсных счетчика МЭС-54, работающих в режиме измерения времени. Для этого к счетчикам через диод $Д_1$ подается напряжение 50 *в*. Так как прибор питается от сети переменного тока частотой 50 *гц*, то для работы счетчика формируются 50 *имп/сек*. Пусковыми элементами служат электромагнитное реле *Р* типа РКМ-1 (ускоренное) и переключатель $П_1$ (ключ телефонного типа). Реле имеет три нормально разомкнутые группы: I и II служат для включения и остановки хронометров, III группа — для включения лампы $Л_1$, находящейся в проекционной головке, или для срабатывания шторного затвора в проекционном устройстве. Неоновые лампы $Л_2$ и $Л_3$ сигнализируют о наличии напряжений на пусковом реле и проекционной головке. Индикаторные лампы $Л_4$ и $Л_5$ (6,3 *в*×0,28 *а*) сигнализируют о повороте рулевого колеса в левую или правую сторону. Лампа $Л_6$ сигнализирует о включении прибора.

В пульте управления также смонтирован трансформатор питания, с вторичной обмотки которого снимаются напряжения 140, 60 и 50 *в*. Два полупроводниковых диода $Д_1$ и $Д_2$ служат для питания пускового реле *Р* и подачи импульсов на счетчики МЭС-54.

Конструктивно пульт управления может быть оформлен в виде металлического (собранного на уголках) кожуха или переносного чемодана с отделением для хранения проекционной головки и соединительных шлангов. На лицевой панели монтируются электрохронометры, переключатель $П_1$, сигнальные лампы, выключатель прибора, предохранитель, переключатель сетевого напряжения и гнезда или зажимы для подключения соединительных шлангов.

Проекционная головка. Для проецирования раздражителей можно использовать проекционную головку от имеющихся в продаже фильмоскопов. Необходимо только заменить лампу низкого напряжения (6 или 12 *в*) с толстой спиральной нитью на лампу сетевого напряжения (127 *в*), благодаря чему можно пренебречь инерционностью зажигания лампы. Кроме того, на лампу следует подать несколько завышенное напряжение — 140 *в*.

При помощи такой головки имеется возможность проецировать любой из объектов, заранее подобранных на диапозитивной ленте, устанавливаемой в кадровом канале. Проекционная головка укреплена на оси в П-образной скобе. Это позволяет свободно перемещать (поворачивать) головку как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях, что в свою очередь позволяет проецировать кинокадр с изображением объекта-раздражителя в любой центральный или периферический участок экрана. Для лучшей ориентации головки на поворотные детали нанесены градусные шкалы. Во время работы проекционную головку устанавливают на фотоштативе или привинчивают к крышке кожуха.

Устройство, воспринимающее ответные действия испытуемого, представляет собой механизм, имитирующий педали автомобиля: сцепление, тормоз и акселератор («газ»), а также рулевое колесо. В плоскостях педалей смонтированы контактные группы (нормально замкнутые или разомкнутые), соединенные с электрохронометром и являющиеся элементами пусковой схемы.

При исследовании непосредственно в автомобиле педали заменяют плоскими накладками, с вмонтированными в них контактными группами. Эти накладки при помощи ремешков можно быстро закреплять на педалях любого автомобиля.

Для определения действия рулевым колесом (поворот влево или вправо) также установлены контактные группы, которые могут быть подключены к гнездам педалей или отдельному электрохронометру. Кроме того, о повороте рулевого колеса в ту или другую сторону сигнализируют индикаторные лампы $Л_4$ и $Л_5$

Экран. Для проведения исследований в лабораторных условиях применяется экран из материи размерами 1 500×3 500 *мм.* Материал экрана натягивают на складную раму, составленную из металлических трубок или угольников в виде сектора.

При испытаниях в автомобиле экран заменяют полосой материи, накладываемой на ветровое стекло автомобиля.

Работа с прибором. При проведении эксперимента в лаборатории пульт регистрации выносят в отдельное помещение и за показаниями электрохронометров наблюдает лаборант. Экран устанавливают на расстоянии 3 *м* от места испытуемого, оборудованного педалями и рулевым колесом. Испытуемый садится в кресло водителя и устанавливает правую ногу на педаль акселератора $П_2$, а левую — на упор около педали сцепления. Блок проекционной головки располагают за испытуемым. Проецирование светового объекта-раздражителя и пуск электрохронометров (электросекундомеров $ЭС_1$ и $ЭС_2$) осуществляются при включении переключателя $П_1$ (положение *1*) и срабатывании реле *Р*. Направление (точку) проецирования выбирают по заранее составленной программе.

При появлении на экране проецируемого объекта испытуемый снимает правую ногу с педали акселератора. Срабатывает контактная группа $П_2$ — тем самым останавливается электросекундомер $ЭС_1$, который показывает время латентного периода реакции.

Затем испытуемый переносит ногу на педаль тормоза и нажимает на нее; срабатывает контактная группа $П_3$, отключается реле пуска и останавливается электросекундомер $ЭС_2$, показывающий общее время реакции. Вычитая показания $ЭС_1$ из показаний $ЭС_2$, получим время «моторного» периода реакции («двигательное время»). Таким образом, получают все три временны́х показателя для данной точки предъявления объекта. Обычно снимают показания для 10—15 точек.

Если исследователю нужно выключить проекцию, например, при отсутствии реакции у испытуемого, то переводят переключатель $П_1$ в положение *2*.

Аналогичным путем можно определить время, затрачиваемое на операции с рулевым колесом или педалью сцепления.

При наличии соответствующей технической базы проекционную головку можно заменить кинопроектором. На ленте заранее снятого фильма можно сделать дополнительную перфорацию для включения пускового реле и установить контактную пару, соединенную с пластинами переключателя $П_1$.

Рефлексометр с плоским ячейковым экраном

Различные сигналы-раздражители, вызывающие ту или иную двигательную реакцию в процессе трудовой деятельности или в период обучения, часто совпадают во времени с посторонними, неожиданными раздражителями. Для исследования влияния таких

раздражителей-помех на реакцию выбора предназначен рефлексометр с плоским ячейковым экраном (рис. 7).

Этот прибор позволяет определить время двигательных реакций на световые раздражители, проецируемые на плоском шестиячейковом экране как в условиях отсутствия помех, так и при подаче их одновременно с сигналом. В качестве внезапных и сильных раздражителей применяют звук громкоговорителя большой мощности, работающего от звукового генератора, звук автосирены, выстрел пистолета, прожектор (прямого включения или включаемый через импульсатор) и стимулятор для подачи электрических раздражителей.

Однако исследование одного только латентного периода двигательной реакции не всегда бывает достаточным. Часто возникает необходимость изучения также и самого движения (моторного периода двигательной реакции). Для этих целей к прибору присоединено устройство, благодаря которому ответное движение испытуемого происходит по строго определенной траектории и ограничивается двумя точками. По предложению Ю. Я. Киселева в качестве такого устройства был использован модернизированный кинематометр.

Прибор состоит из шестиячейкового экрана со сменными планшетами, пульта управления и устройств, воспринимающих ответные действия испытуемого.

Экран. Экран представляет собой металлический кожух размерами 800×600×50 *мм*. В лицевой части кожуха прорезаны квадратные и прямоугольные отверстия, предназначенные для проецирования световых раздражителей. Внутри кожуха напротив отверстий установлены лампы верхней линии $Л_1$—$Л_4$ и нижней линии $Л_5$—$Л_8$ (число линий раздражителей может быть любое). Экран выполнен так, что имеется возможность предъявлять не только постоянные (как в большинстве известных рефлексометров), но и сменные раздражители. Для этого заранее подготавливают серии планшетов (выполненных, например, на фотопластинках) с набором различных ситуаций или задач. Световыми раздражителями могут служить также изображения геометрических фигур, шкалы измерительных приборов и рисунки. Планшеты закрепляют четырьмя зажимами, позволяющими быстро их сменять. Для удобства монтажа и осмотра задняя стенка кожуха экрана сделана съемной. На дне кожуха смонтированы гнезда или зажимы для подключения кабелей, идущих к раздражителям-помехам (стартовому пистолету *СП*, прожектору-фаре $Л_{10}$, сирене *Ср* и звонку *Зв*). С пультом управления экран соединяют многожильным кабелем с разъемом.

Пульт управления (рис. 8) **смонтирован в металлическом,** собранном на уголках, кожухе. На вертикальной панели установлены два двухстрелочных электросекундомера. На горизонтальной панели смонтированы тумблеры включения прибора $Вк_1$ и электросекундомеров $Вк_2$, переключатель входного напряжения $П_6$, гнезда предохранителя и индикатора включения установки лампы $Л_9$. Здесь же установлены элементы набора и включения раздражителей (ключи $П_1$—$П_5$ и переключатель $П_7$). Ключи $П_1$—$П_5$ (телефонного типа) предназначены для подачи световых раздражителей и помех. Они имеют среднее (нейтральное) и два других положения для включения раздражителей первой и второй линии. Применение

таких ключей позволяет включать не только одиночные, но и групповые световые раздражители и раздражители-помехи в разных сочетаниях.

С правой стороны пульта имеются зажимы для подключения соединительных проводов, идущих к источникам экстренных раздражителей (звуковому генератору и генератору импульсов), разъем для подключения кабеля, идущего к экрану, и выводы (гнезда) для присоединения ключей $Кл_1$, $Кл_2$ или контактных пар кинематометров *А*, *Б* и *А'*, *Б'*.

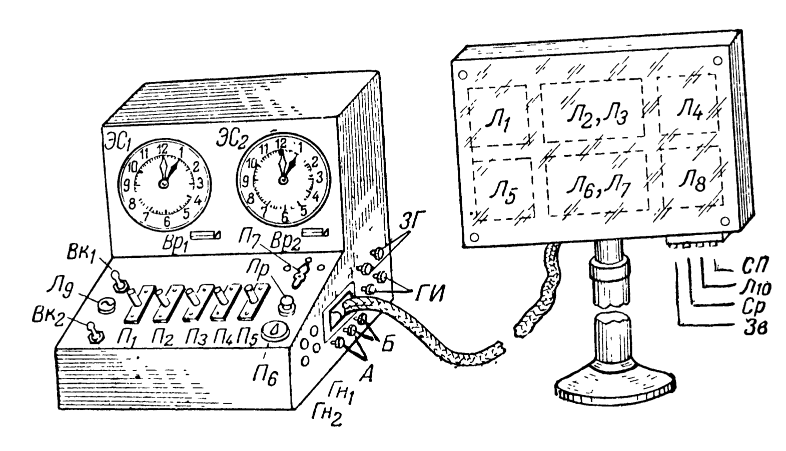


Рис. 7. Внешний вид рефлексометра с плоским ячейковым экраном.

Внутри пульта смонтированы трансформатор питания *Тр*, выпрямитель и другие детали. К деталям пульта управления, установленным внутри и на дне кожуха, и к монтажу имеется свободный доступ через съемную заднюю стенку.

Устройства, воспринимающие ответные действия испытуемого. В рефлексометре предусмотрено подключение таких элементов, воспринимающих ответные реакции, которые позволили бы фиксировать как латентный, так и «моторный» периоды двигательной реакции. Первоначально в качестве упомянутых устройств были применены реактивные ключи $Кл_1$ (нормально разомкнутый) и $Кл_2$ (нормально замкнутый). Затем для восприятия ответного движения по строго определенной траектории был применен модернизированный кинематометр.

Кинематометр представляет собою площадку размерами 500×500 *мм*. В одном из углов площадки на вертикальном шарнире укреплена подвижная планка. На одном конце планки у оси имеется подлокотник для руки испытуемого, на другом — рукоятка, захватываемая кистью руки, и металлическая стрелка. Эта планка может поворачиваться на шарнире в плоскости площадки от 0 до 90°. Для определения угла отклонения планки предусмотрена дуговая шкала, разделенная на градусы.

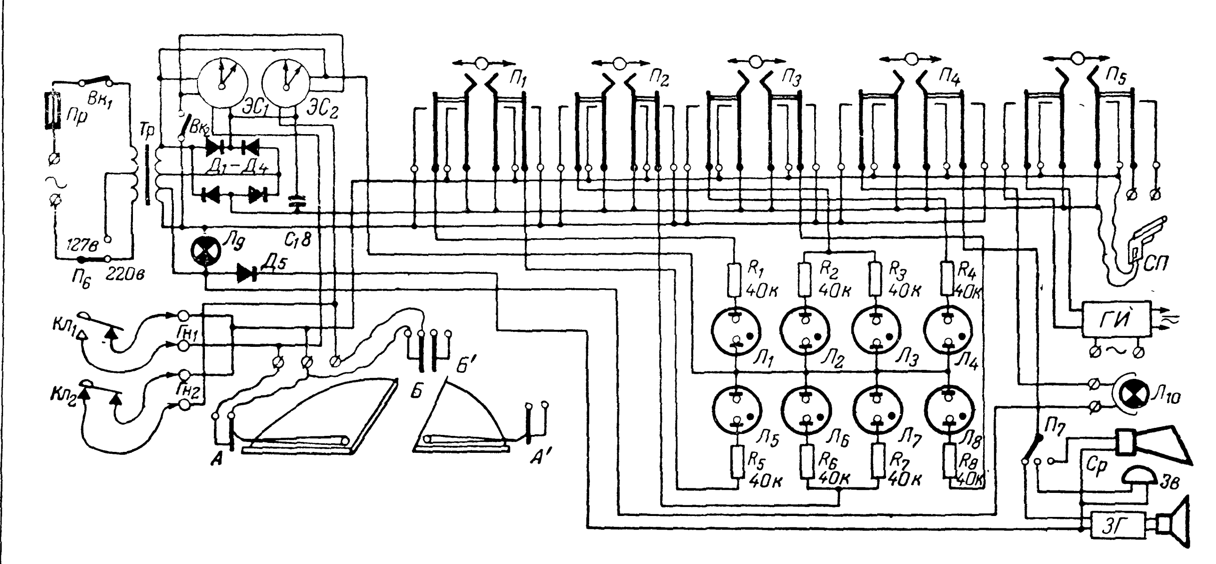


Рис. 8. Принципиальная схема рефлексометра с плоским ячейковым экраном.

Пределы отклонения планки кинематометра ограничиваются двумя контактными упорами *А* (нормально разомкнутый) и *Б* (нормально замкнутый), причем контактный упор *Б* может быть заранее установлен в любой точке дуги. Для проведения опыта могут быть подключены два кинематометра (для левой и правой руки).

Работа с прибором. При проведении исследований экран подвешивают на стене или устанавливают на расстоянии 1,5—3 *м* от испытуемого на уровне его лица при помощи штатива (выдвижной стойки). Правая и левая руки испытуемого кладутся на кинематометр и кисти рук охватывают рукоятки, находящиеся на планке. При этом планки со стрелками находятся в положении 0°. В этом положении контакты *А* и *А'* замкнуты. На экране включается какой-либо из шести световых раздражителей, или несколько из них в зависимости от программы исследований, или раздражитель-помеха.

Одновременно с включением раздражителей теми же ключами запускаются электросекундомеры $ЭС_1$ и $ЭС_2$. Включение раздражителей является сигналом к действию испытуемого, который, в зависимости от программы исследований, должен как можно быстрее сделать движение правой или левой рукой (или обеими вместе). Как только испытуемый начнет движение рукой, размыкается контактная пара *А*, цепь прерывается и электросекундомер $ЭС_1$ останавливается (выключается). По показанию стрелок электросекундомера $ЭС_1$ можно судить о величине латентного периода реакции. Испытуемый продолжает движение планки со стрелкой до контактного упора *Б*. При первом касании его стрелкой срабатывает вторая контактная система и разрывается цепь электросекундомера $ЭС_2$. Его показания соответствуют общему времени двигательной реакции. Разность между показаниями электросекундомеров $ЭС_2$ и $ЭС_1$ — время «моторного» периода реакции.

Приведенная в качестве примера методика исследования не исчерпывает всех возможностей прибора. Конструкция прибора допускает, в частности, исследование амплитуды (механограммы) движения, для этого на оси подвижной планки кинематометра укрепляют потенциометр, соединенный, например, со шлейфным осциллографом. Кинематометр можно заменить и другими приспособлениями для ответной реакции, например: рычагами или штурвалами управления станком, пусковыми механизмами, велосипедными педалями и т. п. Такая замена позволит проводить специализированные рефлексометрические исследования как теоретического, так и конкретно-прикладного характера.

Переносный рефлексометр для внелабораторных исследований

Подавляющее большинство электрохронометров, выпускаемых промышленностью, рассчитано на питание от источников переменного тока, а те, которые работают от источников постоянного тока, обычно сложны по устройству. Это ограничивает применение рефлексометров при внелабораторных (походных) исследованиях. В связи с этим был создан простой переносный рефлексометр

с электронным хронометром, позволяющим измерять малые промежутки времени.

Рефлексометр, внешний вид которого изображен на рис. 9, состоит из блока раздражителей, электронного секундомера, системы пуска с элементами, регистрирующими ответную реакцию, и цепи питания. Прибор можно питать от сухих батарей или аккумуляторов, а также через выпрямитель от сети переменного тока.

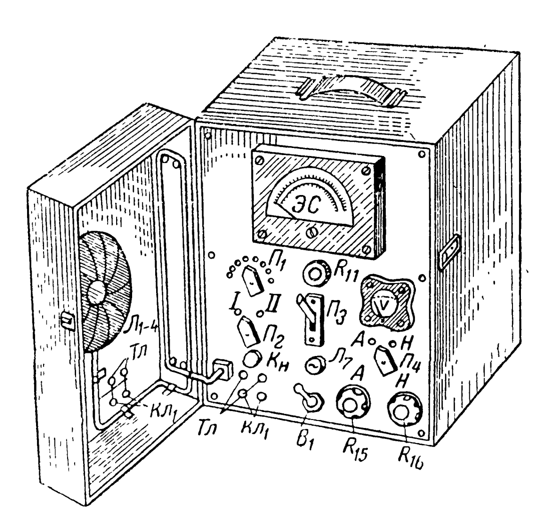


Рис. 9. Внешний вид переносного рефлексометра.

Электронный секундомер служит основной частью прибора, принципиальная схема которого приведена на рис. 10. Определение времени основано на принципе измерения напряжения, до которого заряжается конденсатор, включенный в цепь с большой постоянной времени.

В рассматриваемой схеме электронного секундомера конденсатор включен в цепь управляющей сетки левого (по схеме) триода лампы $Л_5$. При прохождении тока по одной из ячеек последовательно соединенных сопротивлений, например R_5R_6, заряжается конденсатор C_1. Основная величина сопротивления ячейки определяется величиной постоянного сопротивления R_6 или R_8, а переменные сопротивления R_5 и R_7 служат для подстройки в пределах диапазона измерений. Таких диапазонов может быть несколько. На схеме показаны два диапазона: первый рассчитан на измерение времени до 1 *сек*, а второй до 0,1 *сек*. Шкала разделена на 100 делений. Таким образом, хронометр позволяет измерять интервалы времени от 0,001 до 1 *сек*. Диапазоны переключаются переключателем $П_2$, в качестве которого можно использовать тумблер на два положения или ключ телефонного типа на три положения. В зависимости от

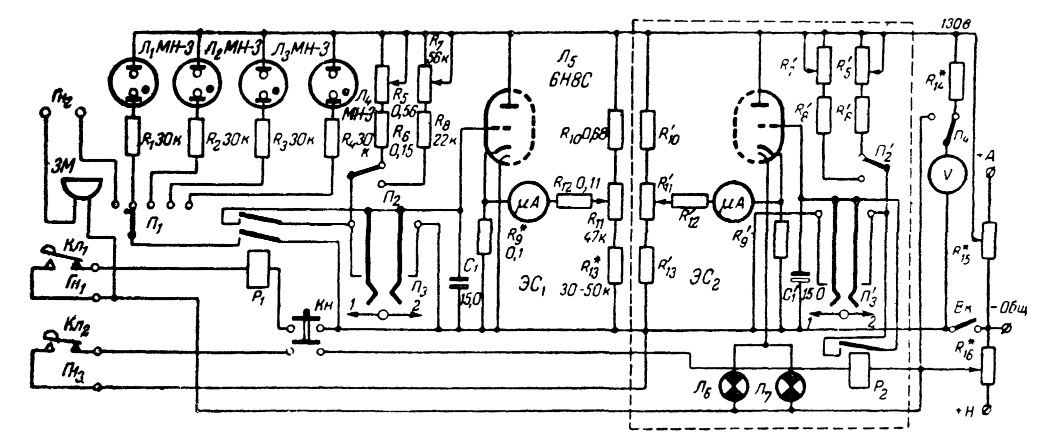


Рис. 10. Принципиальная схема переносного рефлексометра.

назначения рефлексометра пределы измерений прибора можно увеличить или уменьшить. Например, для увеличения верхнего предела измерений нужно ввести в схему еще одну ячейку (на схеме не показана), состоящую из постоянного сопротивления порядка 5 *Мом* и переменного — 1 *Мом*. При этом верхний предел будет расширен до 10 *сек*, уменьшением сопротивлений можно изменить и нижний предел измерения.

. В цепь катода лампы $Л_5$ включен микроамперметр на 100—150 *мка*. Второй зажим измерительного прибора через сопротивление R_{12} присоединен к потенциометру R_{11}, служащему для установки стрелки прибора на нуль при переходе с одного диапазона измерений на другой. Микроамперметр градуируют при параллельно подключенном калиброванном хронометре. Для пуска и возвращения стрелки прибора на нуль служит переключатель $П_3$ (ключ телефонного типа), имеющий три положения. Положение *1* предназначено для контрольного включения хронометра при разомкнутой пусковой цепи; среднее (рабочее) положение — для срабатывания прибора при замыкании пусковой цепи; положение *2* — для разряда конденсатора C_1 и возвращения стрелки прибора на нуль.

Блок раздражителей. В качестве раздражителей в рефлексометре используются свет и звук. Источником зрительного раздражения служат четыре неоновые лампы с различными светофильтрами, помещенные в один экран в виде фары. Источником звукового раздражения служит зуммер. Раздражители переключают при помощи переключателя $П_1$ на пять положений.

Для одновременного включения одного из источников раздражения, например лампы $Л_2$, и электронного секундомера $ЭС_1$ служит пусковая схема, собранная на реле P_1 (гипа РСМ-3). Контакты реле, соединенные с пластинами переключателя $П_2$, составляют внешнюю цепь электронного секундомера и одновременно служат для включения раздражителей. К гнездам $Гн_1$ подключают нормально разомкнутый ключ $Кл_1$, который монтируют в устройствах для восприятия ответных действий испытуемого. Кнопка *Кн* — пусковая, нормально разомкнутая.

Питание прибора осуществляется от сухих батарей или аккумуляторов. Для установки напряжений в питающих цепях предусмотрены проволочные потенциометры R_{15} и R_{16} (их величины подбираются при настройке). Для контроля напряжения установлен вольтметр *V*.

Сборка прибора. Прибор собран на металлическом шасси. Входная цепь хронометра экранируется. При подборе деталей следует обратить особое внимание на конденсатор C_1. Он должен быть с бумажным диэлектриком и обязательно хорошего качества. С увеличением утечки конденсатора точность хронометра резко снижается.

Конструктивно рефлексометр выполнен в виде переносного чемодана, например в корпусе от электронного вольтметра или в ящике от проигрывателя. Ручки всех элементов управления и настройки выводят на лицевую панель за исключением осей переменных сопротивлений R_5 и R_7, фиксируемых при настройке хронометра.

Лампы раздражителя монтируют в плафоне, укрепленном на съемной крышке кожуха. Здесь же устанавливают гнезда $Гн_1$ для

подключения устройств, воспринимающих ответные реакции испытуемого. При значительном расстоянии между эсперимеитатором и испытуемым съемная крышка с лампами может соединяться с прибором дополнительным многожильным кабелем, который при переноске прибора размещается на крышке его корпуса. Батареи питания также размещают внутри корпуса.

Работа с прибором. После 10-минутного прогрева по показаниям вольтметра с помощью потенциометров R_{15} и R_{16} устанавливают необходимые величины питающих напряжений (анодное 130 *в*, накала 12,6 *в*), а потенциометром R_{11} устанавливают стрелку прибора на 0°. Крышку прибора с плафоном снимают и размещают перед испытуемым под углом в 45°.

Испытуемый нажимает ключ $Кл_1$ или какое-либо устройство, в которое вмонтирован этот ключ. Экспериментатор, выбрав нужный раздражитель, переключателем $П_1$ включает пусковую цепь кнопкой *Кн*. Срабатывает реле P_1, включается раздражитель и, одновременно конденсатор C_1 начинает заряжаться. При отпускании ключа *Кл* контакты реле P_1 размыкаются, раздражитель выключается и одновременно разрывается зарядная цепь конденсатора C_1. Экспериментатор записывает показания стрелочного прибора и переключателем $П_3$ снимает заряд с конденсатора C_1 — прибор подготовлен к очередному эксперименту.

Рассмотренный переносный рефлексометр предназначен для измерения латентных периодов реакций. Однако если использовать свободный триод лампы 6Н8С, то на этом же шасси можно собрать еще одну хронометрическую схему. Такое дополнение позволит проводить исследования не только латентного, но и моторного компонента реакции. Эта часть схемы отделена на рис. 10 штриховой линией. Для включения второго хронометра устанавливают реле P_2, контакты на пусковой кнопке *Кн* и гнезда $Гн_2$ — для подключения устройств, воспринимающих ответные реакции испытуемого, например ключа $Кл_2$. В этом случае электронный секундомер $ЭС_2$ будет показывать латентный период реакции, а электронный секундомер $ЭС_1$ — общее время реакции.

Фонорефлексометр

Известно, что человек способен воспринимать звуковые колебания в определенном диапазоне частот. Отношение силы самого громкого звука, который человек способен воспринимать, не испытывая боли, к силе самого слабого звука, который он способен различать, составляет примерно $10^{12}:1$ (*120 дб*).

Однако порог слышимости по всему диапазону частот неодинаков. Например, к частотам от 1 до 4 *кгц* ухо наиболее чувствительно. В области низких и высоких частот порог слышимости повышается.

В зависимости от физиологического состояния человека изменяется пороговая чувствительность и латентный период реакции на звуковые раздражители различной частоты и силы, а также ориентация на источник звука. Простейшую установку для этих иссле-

дований можно изготовить, соединив электрохронометр со звуковым генератором [1].

Упрощенная схема установки показана на рис. 11. Она состоит из элементов пуска (электромагнитного реле или ключа ножевого или телефонного типа), электросекундомера, выносного пульта испытуемого и звукового генератора.

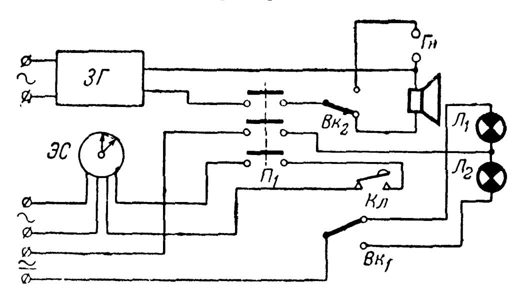


Рис. 11. Принципиальная схема фонорефлексометра.

В качестве источников световых раздражений на выносном пульте смонтированы лампы $Л_1$ и $Л_2$ с красным и зеленым светофильтрами. Здесь же имеются гнезда *Гн* для подключения громкоговорителей или головных телефонов. Подача раздражителей и включение электросекундомера производится многоконтактным ключом $П_1$. Лампы $Л_1$ и $Л_2$ предварительно включаются тумблером $Вк_1$, ответ испытуемого и выключение электросекундомера производятся с помощью ключа *Кл* [2]. В качестве источника звуковых раздражений можно применить любой звуковой генератор, имеющий необходимый диапазон частот.

Пульт испытуемого устанавливают в камере для физиологических исследований и соединяют с приборами, находящимися у экспериментатора, многожильным кабелем.

Координатный фонорефлексометр

Исследователя часто интересует не только непосредственная реакция испытуемого на звуковые сигналы, но и определение им месторасположения источника звукового раздражения. Координатный фонорефлексометр отличается от описанного выше наличием купола. Общий вид рабочего места испытуемого изображен на рис. 12. Купол представляет собой полусферический каркас, обтянутый тонкой непрозрачной материей. Каркас устанавливают на круглом столе, в центре которого находится место испытуемого.

---

[1] Подобная установка выполнена А. Шаровым под руководством автора в кружке радиоэлектроники ленинградского Дворца культуры им. 1-й пятилетки.

[2] Элементы схемы пуска и рефлекторного ответа испытуемого подробно рассмотрены при описании предыдущих конструкций.

Перед испытуемым находится пульт со световыми и звуковыми раздражителями. Здесь же находятся элементы для восприятия ответной реакции (ключ, педаль и т. д.), а также лампы освещения. Источниками основных звуковых раздражений служат громко-

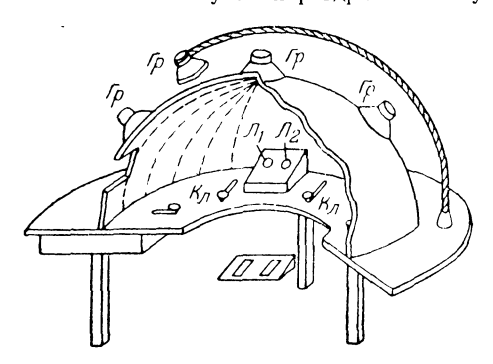


Рис. 12. Общий вид рабочего места при работе с координатным фонорефлексометром.

говорители *Гр*, расположенные снаружи на каркасе. Эти громкоговорители могут быть заменены двумя другими, укрепленными на гибких пружинных держателях.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КООРДИНАЦИИ ДВИЖЕНИЙ

При рассмотрении вопроса о влиянии условий труда на трудоспособность человека исследователи во многих случаях пользуются методикой, основанной на изучении координации движений. Составная часть этой методики заключается в изучении тремора, а также темпа и ритма рабочих (производственных) движений. Такие исследования позволяют оценить влияние нервного возбуждения, общего утомления, усталости отдельных мышц на координацию движений у людей ряда производственных специальностей и у больных после перенесенных травм и ранений. Это, в свою очередь, необходимо для определения нормального режима нагрузки и активного отдыха (например, у рабочих точной промышленности, у работников транспорта, операторов управления скоростными механизмами и др.) или для определения наиболее целесообразных лечебно-тренировочных методов. Следует заметить, что упомянутые исследования особенно ценны в сочетании с электромиографическими и электроэнцефалографическими исследованиями.

В этой главе рассматриваются сконструированные автором приборы, предназначенные для исследования координации движений.

Фонотремометр ФТ-1В

Фонотремометр предназначен для исследования координации движений и представляет собой более совершенный прибор по сравнению с известными тремометрами. Кроме того, в описываемом приборе применен металлический планшет с фигурными отверстиями, внутри которых нужно провести тонкую металлическую спицу-щуп, не задевая краев планшета. Фонотремометр позволяет проверить правильность движений, выполняемых как под контролем зрения, так и без его участия. Это достигнуто тем, что в фонотремометре применен безынерционный тональный фиксатор, а для графической регистрации результатов исследования предусмотрено подключение самопишущего прибора. Последнее особенно важно при энцефалографических и миографических исследованиях.

Схема фонотремометра приведена на рис. 13. Прибор рассчитан на работу с постоянным планшетом, имеющим стандартные отверстия. Могут подключаться также стандартные проволочные фигуры $Ф_1$, $Ф_2$, металлический щуп *Щ* и регистрирующее (фиксирующее) устройство. При соприкосновении щупа с планшетом или фигурами, происходящем во время неправильных (ошибочных) движений, замыкается цепь отметчика $Отм_2$ и реле *Р*. Реле *Р* срабатывает и вызывает изменение частоты (тональности) звукового генератора и включение ламп $Л_3$, $Л_4$. Одновременно подается импульс на счетчик *Сч*.

Звуковой генератор собран на лампе 6Н8С. В анодной цепи генератора установлена индикаторная лампа $Л_2$. Переменное сопротивление R_1 служит для регулирования громкости звука, R_5 — для регулирования тона. В приборе применен громкоговоритель 1ГД-9. Питание звукового генератора производится от выпрямителей $Вп_1$ и $Вп_2$, собранных по мостовым схемам. Во время опытов звуковой генератор может отключаться при помощи выключателя $Вк_1$. Контрольная проверка изменения тональности звукового генератора (подключается конденсатор $С_3$) производится выключателем $Вк_2$. Выключатели $Вк_1$ и $Вк_2$ объединены в одном ключе телефонного типа, имеющего три положения (среднее положение — нейтральное). Световой фиксатор состоит из двух сигнальных ламп МН-16: основной лампы $Л_3$ (для испытуемого) и контрольной — $Л_4$. Контрольная проверка светового фиксатора производится выключателем $Вк_3$. В качестве счетчика ошибочных касаний применен электромагнитный счетчик *Сч* с круговым храповым механизмом типа «Физэлектроприбор». Проверка работы счетчика производится выключателем $Вк_4$. Выключатели $Вк_3$ и $Вк_4$ объединены в одном ключе телефонного типа со средним рабочим положением. Счетчик питается от выпрямителя $Вп_2$.

Конструктивное оформление (рис. 14). Все элементы прибора смонтированы внутри деревянного корпуса *1*, лицевая панель *2* которого представляет собой тремометрический планшет со стандартными отверстиями. В нижней части планшета установлены: основной световой фиксатор *3* с красным светофильтром, громкоговоритель *4*, гнездо *5* для подключения щупа *6* и гнезда *16* для подключения самописца.

На боковой панели размещены лампа контрольного фиксатора *7*, счетчик *8*, ключи телефонного типа *9*, регулятор тона *10* и

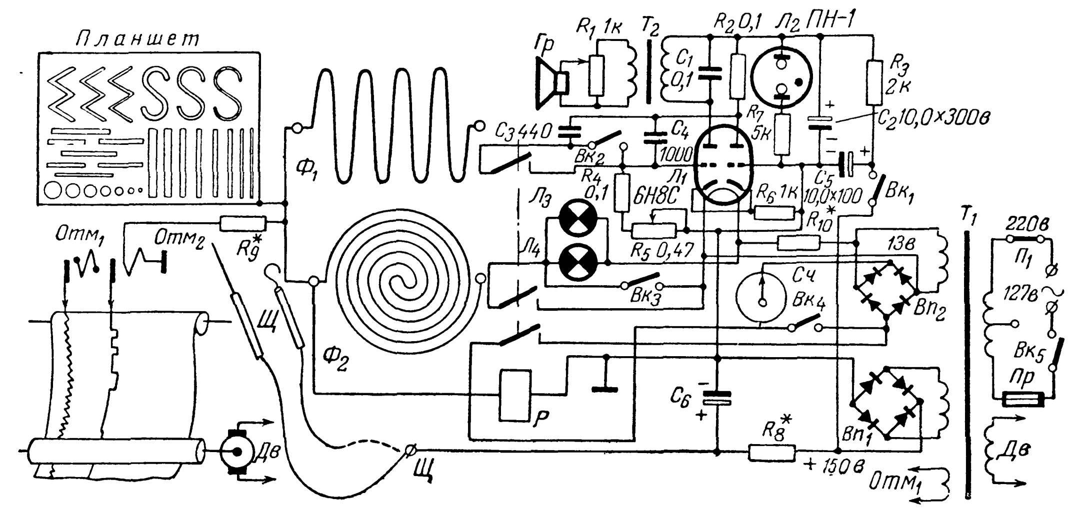


Рис. 13. Принципиальная схема фонотремометра ФТ-1В.

громкости *11*. Здесь же установлены тумблер включения прибора *12*, переключатель напряжения сети *13* и предохранитель *14*, а также патрон лампы индикатора ($Л_2$) *15*. При применении стандартных проволочных фигур соединительный провод подключают к одному из крепящих винтов планшета.

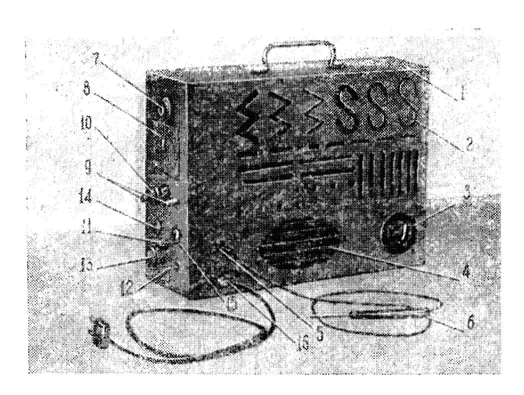


Рис. 14. Внешний вид фонотремометра ФТ-1В.

Работа с прибором. При проведении исследований испытуемый берет в вытянутую руку щуп и ведет спицу внутри отверстий (щелей) планшета или удерживает ее заданное время в круговом отверстии. Выполняя движения, обусловленные конфигурацией отверстий, или удерживая спицу, испытуемый стремится не прикасаться к краям отверстий планшета. Изменение тона звукового сигнала и зажигание ламп световых фиксаторов свидетельствуют о касании спицей планшета, т. е. о неточности движений. Одновременно счетчик *Сч* регистрирует количество ошибочных движений.

При подключении любого самопишущего устройства, обеспечивающего достаточную для анализа скорость продвижения ленты, отметчик $Отм_2$ регистрирует количество и продолжительность ошибочных движений. Отметчик $Отм_1$ служит для отметки времени.

Перед работой щуп и планшет необходимо зачищать мелкой (бархатной) шкуркой, так как во время хранения поверхность металла покрывается тонкой пленкой окиси.

Фонотремометр ФТ-2В

Фонотремометр ФТ-2В — это малогабаритный, переносный батарейный вариант фонотремометра ФТ-1В. Он предназначен для внелабораторных исследований, а также для выработки координации движений в качестве тренировочного аппарата в клиниках и госпиталях. Внешний вид прибора показан на рис. 15.

В отличие от фонотремометра ФТ-1В устройство и электрическая схема (рис. 16) фонотремометра ФТ-2В максимально упроще-

ны. Основным фиксатором неправильных движений служит электромагнитный счетчик *Сч*, а контрольным — лампа $Л_2$. Неправильные движения отмечаются звуковыми сигналами, подаваемыми на головные телефоны *Т*, или зажиганием лампы $Л_2$ Счетчик типа «Физэлектроприбор» заменен барабанным счетчиком.

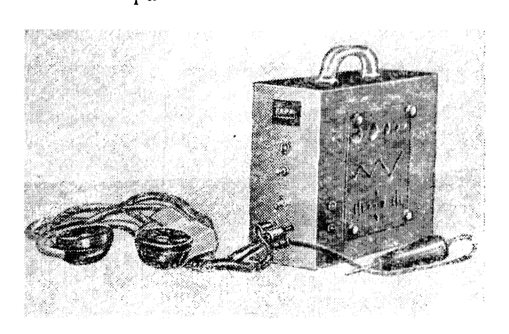


Рис. 15. Внешний вид фонотремометра ФТ-2В.

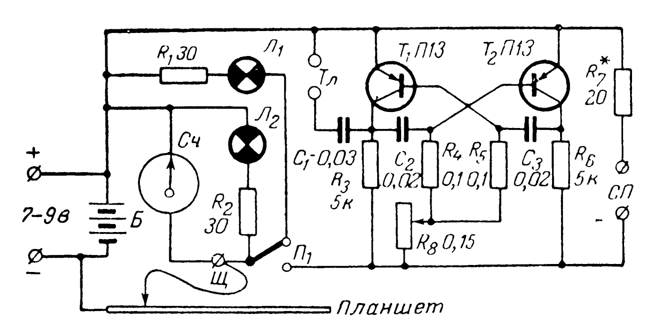


Рис. 16. Принципиальная схема фонотремометра ФТ-2В.

В качестве источника звуковых колебаний служит звуковой генератор, собранный по схеме мультивибратора на двух, практически любого типа, транзисторах. Желательно только, чтобы они оба были одного типа. К звуковому генератору подключаются высокоомные головные телефоны или громкоговоритель.

Лампы $Л_1$ и $Л_2$ типа МН-14 (3,5 *в*×0,16 *а*) включены через добавочные сопротивления R_1, R_2.

Испытуемому может предъявляться в зависимости от целей исследования только один из сигналов. Нужный сигнал включают переключателем $П_1$.

Для подключения самопишущей установки к гнездам *СП*, нужно подобрать добавочное сопротивление R_7 порядка 20—100 *ом*.

Питается прибор от двух соединенных последовательно батарей от карманного фонаря.

Конструктивное оформление. Прибор собран в небольшом деревянном (или металлическом) корпусе. Левая боковая стенка корпуса служит панелью управления, лицевая стенка — съемная.

Панель управления необходимо делать из хорошего изоляционного материала — органического стекла или из пластмассы.

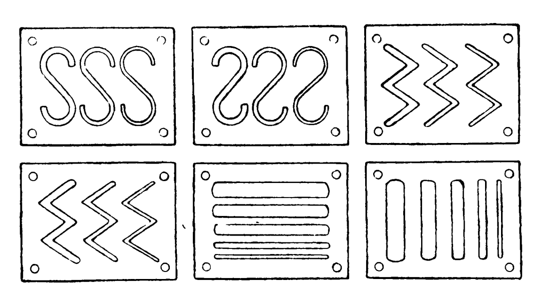


Рис. 17. Образцы планшетов.

Счетчик *Сч* устанавливают в верхней части панели управления. Механизм счетчика прикрепляют к корпусу прибора при помощи металлического угольника. Под счетчиком устанавливают линзу-глазок (зеленого цвета) для контрольного светового фиксатора лампы $Л_1$. На этой же панели укрепляют переключатель $П_1$, гнезда для подключения головных телефонов и зажим или гнездо *Щ* для подключения гибкого провода со щупом.

Звуковой генератор монтируют на съемной пластмассовой панели и крепят в нижней части корпуса на двух болтах.

В правой части корпуса находятся две последовательно соединенные батареи, укрепляемые при помощи металлической скобы

Съемная лицевая панель обеспечивает свободный доступ ко всем деталям прибора. Выполняется она в виде рамки из того же материала, что и панель управления, и крепится к корпусу на шурупах.

В панели прорезают большое прямоугольное отверстие, которое закрывают сменными металлическими планшетами. Планшеты можно изготовить из листа алюминия, латуни или железа толщиной 1—1,5 *мм.* Отверстия вырезают лобзиком по металлу. Размеры съемных планшетов — 130×120 *мм.* Фигурные отверстия вырезают шириной 6; 4 и 2,5 *мм*, а круглые — различного диаметра от 20 до 2,5 *мм.* Диаметр спицы 1,5 *мм.* Образцы съемных планшетов показаны на рис. 17. Планшеты закрепляют винтами с фигурными гайками (барашками). Кроме того, на лицевой панели устанавливают гнезда, предназначенные для подключения к прибору самописца *СП*, и линзы-глазка (красного цвета), предназначенного для лампы $Л_2$.

С правой стороны корпуса устанавливают два зажима. Они служат для подключения (при отсутствии батарей) внешних источников питания.

Для удобства переноски прибора на корпусе имеется ручка, а снизу для установки на штативе — гайка с резьбой.

Детали прибора соединяют жестким проводом.

Работа с прибором. Для подготовки прибора к работе нужно к зажиму *Щ* присоединить наконечник гибкого провода, идущего к контактному щупу, и закрепить планшет с фигурными отверстиями. Затем в гнездо *Т* включают вилку шнура, идущего к громкоговорителю или головным телефонам. При необходимости объективной регистрации с отметкой времени к гнездам *СП* подключают самописец или электрохронограф.

В зависимости от целей исследования включают (переключателем $П_1$) или звуковой генератор, работающий на головные телефоны, или световой сигнал.

Подготовленный к работе прибор устанавливают на штативе или подвешивают на стене на уровне плеча испытуемого. Для больных возможны и другие положения прибора. Испытуемый (больной) должен выполнять определенные движения, не допуская касания щупом планшета при обводе вырезов, начиная с наиболее широких или, наоборот, с узких. При касании спицей краев выреза включаются фиксаторы, а счетчик регистрирует количество касаний. Для избежания разряда батарей питания не следует допускать холостых касаний планшета спицей щупа.

Если прибор предназначен только для лечебной тренировки, то счетчик можно не ставить совсем или отключить его, чтобы меньше разряжать батареи.

Темпокинестезиометр

Психологами и физиологами применяется так называемый темпотест, позволяющий определять количество движений испытуемого в единицу времени. Простейшее устройство для этих целей состоит из кнопки (или ключа), на которую испытуемому предлагают нажимать с максимальной частотой, и электрического счетчика, регистрирующего число нажатий. Однако в практике испытуемый может получить более сложное задание, например выполнять движение между несколькими заданными точками. Для таких исследований предложен прибор темпокинестезиометр.

Прибор собран в небольшом деревянном корпусе (рис. 18). На верхней панели смонтированы две кнопки $Кн_1$ и $Кн_2$, патроны четырех индикаторных ламп $Л_1$ — $Л_4$ и металлический планшет *Пл*. На металлическом планшете установлены три металлических изолированных от него контактных диска диаметром 8 *мм*. Диски легко изготовить из сточенных головок металлических болтов, а сами болты закрепить при помощи изоляционных шайб в отверстиях, просверленных в планшете. Такое расположение контактных точек получило название координационного треугольника. Однако, изменив количество точек, можно задать любую другую фигуру, например четырехугольник и т. п.

На одной из боковых стенок установлены два цифровых счетчика и переключатель $П_2$. Здесь же установлены выключатель, предохранитель, индикатор включения питания и переключатель напряжения сети. Сбоку, со стороны планшета, имеется зажим для подключения шнура, идущего к штифту, с металлическим наконеч-

ником *Шт*. Контактный штифт удобно сделать из старой шариковой авторучки. Внутри корпуса прибора установлены трансформатор и выпрямитель. Все детали соединяют по схеме, приведенной на рис. 19.

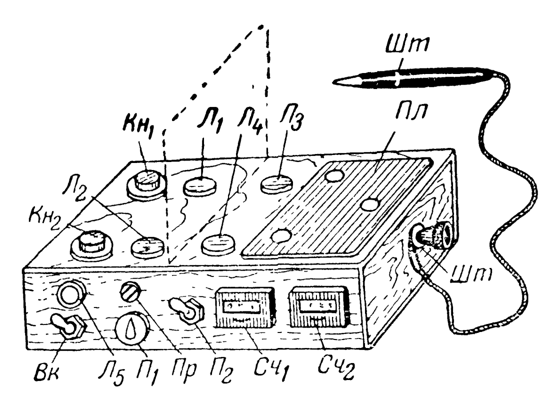


Рис. 18. Внешний вид темпокинестезиометра.

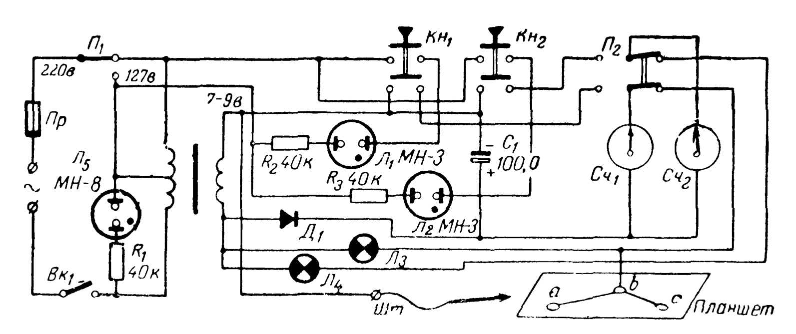


Рис. 19. Принципиальная схема темпокинестезиометра.

Для удобства проведения исследований, чтобы не рассеивалось внимание испытуемого, на верхней панели можно установить съемную перегородку (на рис. 18 обозначена штриховой линией).

Работа с прибором. Прибор устанавливается на рабочем месте испытуемого так, чтобы он был обращен к нему стороной с планшетом или кнопками. Испытуемый должен взять в руку (левую или правую) штифт и по сигналу экспериментатора выполнять в максимальном темпе движения, касаясь штифтом контактных дисков в определенной для данной методики последовательности. Каждое касание регистрируется счетчиком $Сч_1$, а ошибки (промах и касание планшета) — счетчиком $Сч_2$. Соответственно включаются зеленый ($Л_3$) или красный ($Л_4$) индикаторы. Таким образом, отмечается количество правильных действий, а также ошибок за отведенный

интервал времени. Затем прибор поворачивают на 180° и испытуемому предлагают работу на кнопках правой и левой рукой (одновременно или раздельно). Каждое действие (нажатие) регистрируется счетчиками и включением индикаторов $Л_1$ и $Л_2$.

С одного вида исследований на другой переходят при помощи переключателя $П_2$. Для объективной регистрации к прибору может быть подключена пишущая установка.

Прибор для исследования координации движений

Тремометры, фонотремометры, темпокинестезиометры позволяют исследовать координацию движений раздельно для правой и левой руки. На практике часто возникает необходимость в согласовании координации движений обеих рук. Поэтому представляет интерес регистрация сложных операций, выполняемых двумя руками. Эти исследования можно проводить при помощи установки, имеющей название «прибор для исследования координации движений».

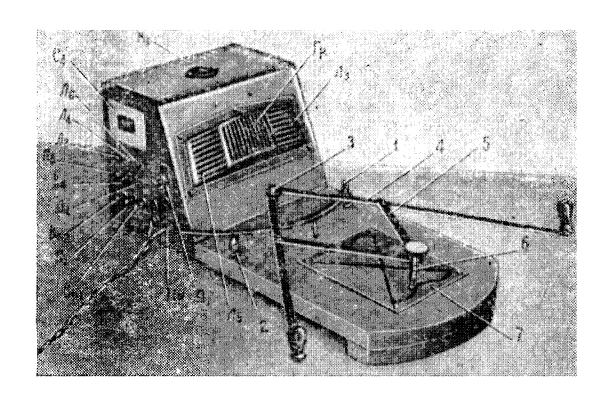


Рис. 20. Внешний вид прибора для координации движений.

Прибор представляет собой счетно-регистрирующую конструкцию, собранную по фонотремометрической схеме. Однако кинематическая часть этого прибора (рис. 20) значительно отличается от подобного узла описанных выше приборов. Она состоит из неподвижной контактной опорной дуги *1*, установленной на пластмассовом основании на трех металлических стойках *2*. К стойке *3* на винте прикреплены два свободно вращающихся рычага *4*, сделанных из негнущихся металлических пластин толщиной 2,5—3 *мм*. Длина рычагов должна быть порядка 350—400 *мм*. К рычагам прикрепляют еще два рычага *5* с контактным штифтом *6* на конце. Их длину (порядка 200 *мм*) и точки крепления на рычагах подбирают так, чтобы образовался правильный подвижный ромб относительно стойки *3* и контактного штифта *6*. Таким образом получается конструкция, напоминающая пантограф. На концах рычагов *4* прикреплены

две пластмассовые ручки. Контактный штифт *6* упирается в съемный металлический планшет *7*. Съемные планшеты устанавливают на четырех металлических штырьках, укрепленных по углам.

Регистрирующая часть состоит из счетчика *Сч*, звукового генератора и световых фиксаторов (рис. 21). Конструктивно прибор оформлен в виде металлического или пластмассового кожуха. На наклонной панели, располагаемой в сторону испытуемого, смонтированы громкоговоритель и два световых фиксатора (зеленый $Л_5$ и красный $Л_3$), представляющие собой лампы 6,3 *в*×0,28 *а*. Фиксаторы закрыты рамкой от телевизора «Знамя». Остальные элементы регистрирующей схемы (счетчик и контрольные фиксаторы $Л_4$ и $Л_6$) смонтированы на боковой панели управления. Звуковой генератор *ЗГ* собирают по схеме мультивибратора с регуляторами: тона R_4 и громкости R_9.

Схема питания состоит из трансформатора, имеющего две вторичные последовательно соединенные обмотки с напряжением по 6,3 *в* на каждой, и двух выпрямителей B_1 и B_2. Для питания счетчика и соединенных последовательно ламп фиксаторов подается напряжение 12,6 *в*, а для питания звукового генератора — 6,3 *в*.

Одновременно в приборе предусмотрена возможность исследования темпа движений. Для этого используется сдвоенная кнопка *Кн*. Индикаторами действий испытуемого служат неоновые лампы $Л_2$, $Л_3$ и $Л_4$ типа МН-8, а регистратором — счетчик *Сч*.

Работа с прибором. В приборе устанавливают съемный планшет, на котором токонепроводящей краской или лаком начерчена контрольная фигура (тест). Эту фигуру должен обвести испытуемый контактным штифтом. В исходном положении рычаги опираются на контактную дугу, переключатель $П_2$ находится в положении *2* (при этом горят зеленые фиксаторы $Л_5$ и $Л_6$), контактный штифт находится на одном из узлов контрольной фигуры, цепь питания красных фиксаторов, счетчика и звукового генератора разорвана. Испытуемый должен взяться за ручки рычагов и концом контактного штифта обвести контур контрольной фигуры. Обычно по заданию экспериментатора движение выполняется в максимальном темпе при лимите отводимого на это времени. Всякое схождение конца штифта с контура (с изоляции) считается ошибкой, вызывающей включение фиксаторов: *ЗГ*, $Л_3$ и $Л_4$ и регистратора (счетчика). Одновременно испытуемый должен следить за тем, чтобы конец штифта не отрывался от поверхности планшета. Это вызовет размыкание контакта между рычагами и контактной дугой, что, в свою очередь, приведет к разрыву цепи зеленых фиксаторов $Л_5$ и $Л_6$.

Трудность координации движений значительно возрастает, если они выполняются при перекрещивании рук.

В режим темпотеста прибор переводят переключателем $П_2$ (положение *1*). Для объективной регистрации результатов измерения к зажимам *ПУ* подключают самопишущее устройство.

Прибор для исследования особенностей почерка и обучения слепых письму

Прибор собирают по фонотремометрической схеме со звуковым и световым фиксаторами. Металлические планшеты с вырезами заменяют съемными листами металла или станиоли, на которых токо-

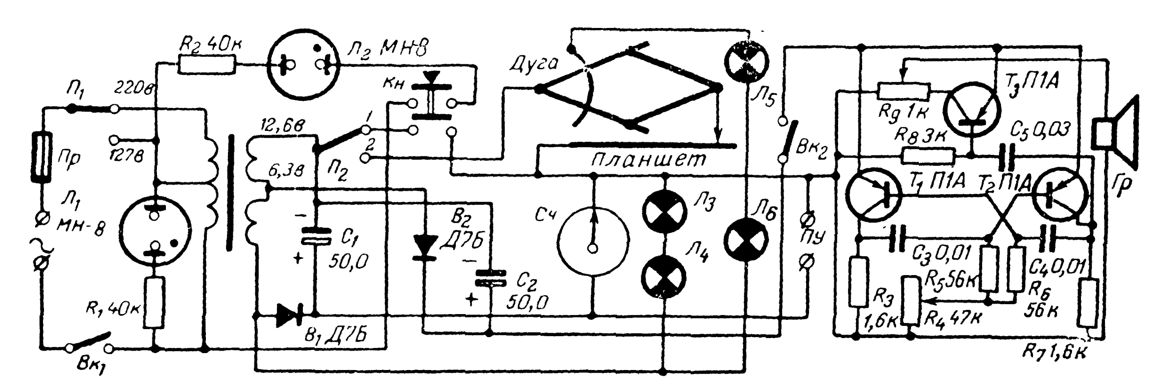


Рис. 21. Принципиальная схема прибора для исследования координации движений.

непроводящей краской или лаком наносят тексты прописей или контуры фигур.

Внутри прибора, внешний вид которого показан на рис 22, установлены звуковой генератор и источники питания. Электрическая схема прибора приведена на рис. 23.

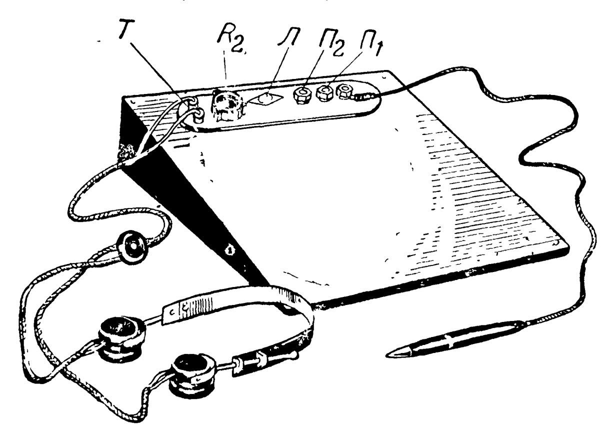


Рис. 22. Внешний вид прибора для исследования особенностей почерка.

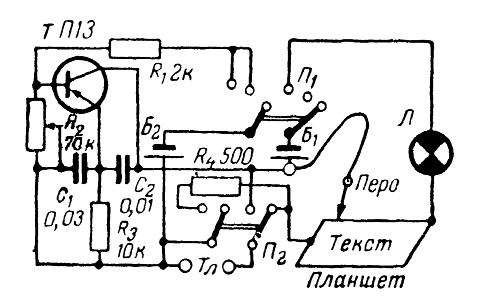


Рис. 23. Принципиальная схема прибора для исследования особенностей почерка.

Звуковой генератор собран на транзисторе П13. В цепь генератора включено переменное сопротивление R_2 — регулятор тона. Выход звукового генератора нагружен головными телефонами Лампа *Л* предназначена для контроля за действиями испытуемого со стороны обучающего (инструктора).

Переключатель $П_1$ имеет три положения: выключение установки (правое), включение только звукового генератора (среднее), включение звукового генератора и контрольной лампы инструктора (левое).

Прибор питается от двух батарей типа КБС При добавлении выпрямителя возможно питание от сети переменного тока.

В верхней части лицевой панели расположены гнезда для подключения головных телефонов, контрольная лампа (для инструктора), зажим для подключения провода, идущего к перу, ручки регулятора тона и переключателей.

На панель кожуха накладывают металлический лист (латунь, алюминий), на котором токонепроводящей краской (лак, нитролак) нанесены тексты прописей Таких листов может быть подготовлено сколько угодно, в зависимости от трудности усвоения прописи. Листы устанавливают при помощи четырех штифтов, для чего в листах по углам просверливают отверстия.

Работа с прибором. Испытуемый получает навык письма путем обвода прописи металлическим пером. Это перо соединено проводом со звуковым генератором прибора и через металлический лист образует сигнальную цепь, шунтирующую головные телефоны

При правильном обведении текста прописи металлическим пером, соединенным с сигнальной цепью, обучаемый слышит в головных телефонах сигнал звуковой частоты, тональность которого он может изменять потенциометром R_2. Если же обведение (т. е. письмо) неправильно, перо касается металлического листа, и звук в телефонах исчезает. Таким образом, получается самоконтроль правильности обвода прописи со стороны обучающегося или испытуемого.

При изменении положения переключателя $П_2$ возможно обратное включение сигнальной цепи, т. е. звук появляется в телефонах при неправильном письме и исчезает при правильном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин П К., Новые данные об особенностях афферентации аппарата условного рефлекса, Материалы совещания по психологии, М., изд. АПН РСФСР, 1957.

2. Винер Н, Кибернетика (пер с англ.), М., изд-во «Советское радио», 1958.

3. Гандельсман А. Б., Верхало Ю. Н., Интерорефлексометр, Материалы II Всесоюзной конференции по применению электроники в биологии и медицине, М., изд НИИТЭИР, 1962.

4. Геллерштейн С. Г., Чувство времени и скорость двигательной реакции, М, Медгиз, 1958.

5. Кравков С. В., Цветовое зрение, М., Изд-во АН СССР, 1951.

6. Ломов Б. Ф., Инженерная психология, «Техника молодежи», 1960, № 9.

7. Ломов Б Ф., Человек и техника, Л., изд. ЛГУ, 1963.

8. Макаров П. О., К биофизике пространственно-временных соотношений, Проблемы восприятия пространства и времени, изд. ЛГУ, 1961.

9. Макаров П. О., Биофизика возбудимости органов чувств, изд. Общества по распространению политических и научных знаний РСФСР, 1961.

10. Материалы IV научной конференции по физиологии труда, посвященной памяти А. А. Ухтомского, изд. ЛГУ, 1963.

11. Платонов К. К., Вопросы психологии труда, М., Медгиз, 1962.

12. Пуни А Ц., Очерки психологии спорта, М., изд-во «Физкультура и спорт», 1960.

13. Проблемы общей и индустриальной психологии (сб.), изд. ЛГУ, 1963.

14. Сборник изобретений и рационализаторских предложений в области медицины и биологии, изд. Ивановского государственного медицинского института, Иваново, 1963.

15 Сидоров О. А., Физиологические факторы человека, определяющие компоновку поста управления машиной, М, Оборонгиз, 1962

16. Спорина Е., Кибернетика внутри нас, М., изд-во «Молодая гвардия», 1962.

10 коп.